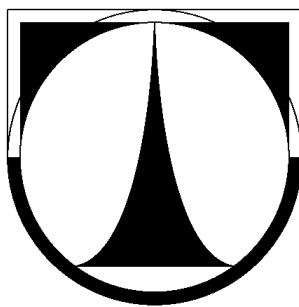


TECHNICKÁ UNIVERZITA

V LIBERCI

Fakulta strojní



Diplomová práce

Inovace rámu lisu

2009

Jiří Chyba

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 - Strojní inženýrství

Obor: Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobku

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace rámu lisu

A press frame innovation

Jméno autora: Bc. Jiří Chyba

Vedoucí DP: Ing. Žák Jiří, Ph.D

Konzultant DP: František Sedlář Balínek Trade, s.r.o.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 45

Počet obrázků: 44

Počet příloh: 0

Datum: 5. června 2009

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, 5. června 2009

.....

Jiří Chyba

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci, 5. června 2009

.....

Jiří Chyba

ANOTACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

TÉMA:

Inovace rámu lisu

ANOTACE:

Tato diplomová práce se zabývá inovací rámu lisu. Na začátku práce je popsán princip lisování dřeva a seznámení s konkurenčními výrobky na trhu. Hlavní část obsahuje navržení konceptů, následné vybrání a ověření po stránce deformační a pevnostní, pomocí metody konečných prvků. Závěrem práce je srovnán starý rám lisu s novým inovovaným rámem lisu.

DIPLOMA PROJECT

THEME:

A press frame innovation

ANNOTATION:

A press frame innovation

This diploma paper is dealing with a press frame innovation. At the beginning of my paper I describe a principle of a press working of wood. An introduction of competitive products on the market is following. The main part contains draft proposals and resulting selection. Next comes a test of deformation and stability by means of a finite element method. At the end of the paper I compare an old press frame with the newly improved press frame.

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Žákovi, Ph.D z katedry částí a mechanismů strojů TU v Liberci za poskytnutý čas a připomínky, svému konzultantovi Františkovi Sedlářovi z firmy Balínek Trade s.r.o. za poskytnuté firemní informace k dané problematice. Děkuji firmě Balínek Trade s.r.o. za možnost vypracování diplomové práce a za poskytnuté zázemí při řešení daného problému.

OBSAH

1. Cíl práce	8
2. Úvod	8
2.1. Výhody lisování dřeva	8
2.2. Nevýhody lisování dřeva	8
2.3. Druhy lisů na dřevo	9
2.4. Popis výroby eurohranolů	9
3. Popis lisu na kterém bude prováděna inovace	9
4. Záměr inovace	11
5. Průzkum již známých řešení	13
5.1. Lis ALTEC K1-075-6500	13
5.2. Lis TRIMWEX SLV-H	13
5.3. Stojanový lis na hranoly LH 26000	14
6. Navržení konceptů	15
6.1. Koncept A	16
6.2. Koncept B	17
6.3. Koncept C	18
6.4. Koncept D	19
6.5. Koncept E	20
7. Zhodnocení a výběr konceptů	21
7.1. Rozhodovací tabulky	21
8. Zvažování optimální technologie výroby	22
9. Vytvoření CAD modelu v programu Pro/Engineer	23
10. Výpočet deformací jednotlivých modelů v programu ANSYS/Workbench ..	25
11. Deformace profilů	30
12. Grafy deformace	31
13. Identifikace budoucích kritických míst	33
13.1. Pevnostní výpočet základního modelu	33
13.2. Návrh na řešení kritického místa A	34
13.3. Návrh na řešení kritického místa B	34
13.3.1. Řešení s úběrem materiálu	35
13.3.2. Přivaření patky ze spodní části k profilu	36
13.3.3. Řešení se zámkou v patce	37
14. Optimalizace modelu	38
14.1. Konečná optimalizace	39
15. Naplánování projektu- diplomové práce	39
16. Závěr	41

Použité označení:

Označení	Jednotky	Název veličiny
p	Pa	tlak
p_{\max}	Pa	maximální vyvozený tlak
F_{\max}	N	maximální síla
m	kg	hmotnost
d	mm	průměr
r	mm	poloměr
ρ	kg/m^3	hustota
R_e	Pa	mez kluzu
R_m	Pa	mez pevnosti
S	m^2	plocha
l	m	délka

1. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je inovovat rám lisu na lamely, tak aby byla zachována jeho funkce, ale zároveň aby se snížily náklady na jeho výrobu. Nejprve bude proveden průzkum konkurenčních výrobků a vytvořeny návrhy inovovaného rámu lisu, které budou mezi sebou porovnávány metodou DFX. Nejlépe hodnocený návrh z hlediska porovnání metodami DFX, bude podroben výpočtu s použitím MKP (napjatost, deformace) a dále bude optimalizován z hlediska hmotnosti. Na závěr bude provedeno porovnání nově navrženého řešení rámu tlačné jednotky s původní konstrukcí. Budou také vyčísleny rozdíly výrobních nákladů obou provedení.

2. Úvod

V dnešní době, kdy je lidstvo obklopeno syntetickými materiály a nečistotou ovzduší hledají lidé kus přírody u sebe doma a není náhodou, že tento kus přírody mohou mít doma ve formě kvalitního dřevěného nábytku, oken, dveří. Tam, kde před několika desetiletími tento nábytek dělala ruka mistra na slovo vzatého je nyní použit stroj, který pracuje s již zpracovaným dřevem na určité zákaznické požadavky. Strojní výroba nábytku a úprava dřeva je v dnešní době, při výrobě větších sérií samozřejmostí a to z důvodu snižování výrobních nákladů. Pokud tyto náklady mají být sníženy je nutné aby materiál – dřevo- byl levný. Z toho důvodu se dřevo nejprve rozřeže (odstraní se vady ve dřevě) a následně slepí. Této technologii se říká technologie lepení dřeva.

2.1. Výhody lisování dřeva:

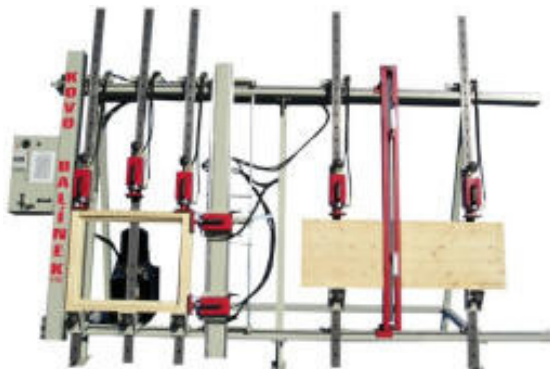
- Odstranění škodlivých elementů ve dřevě (např. suky)
- Snížení odpadů při výrobě
- Zlepšení mechanických vlastností výsledných produktů

2.2. Nevýhody lisování dřeva:

- Zvýšení počtu technologických operací během zpracování dřeva
- Zvýšení výrobních nákladů na výsledný produkt
- Horší subjektivní dojem z materiálu

2.3. Druhy lisů na dřevo

V praxi se při lepení dřeva, setkáme nejčastěji se třemi typy lisů. Jsou to lamelové lisy, deskové lisy a rámové lisy. Každý z těchto typů lisů má svá specifika a je specializován na jistou technologii lepení dřeva.



Obr.2.1. Rámový lis.



Obr.2.2. Lamelový lis.

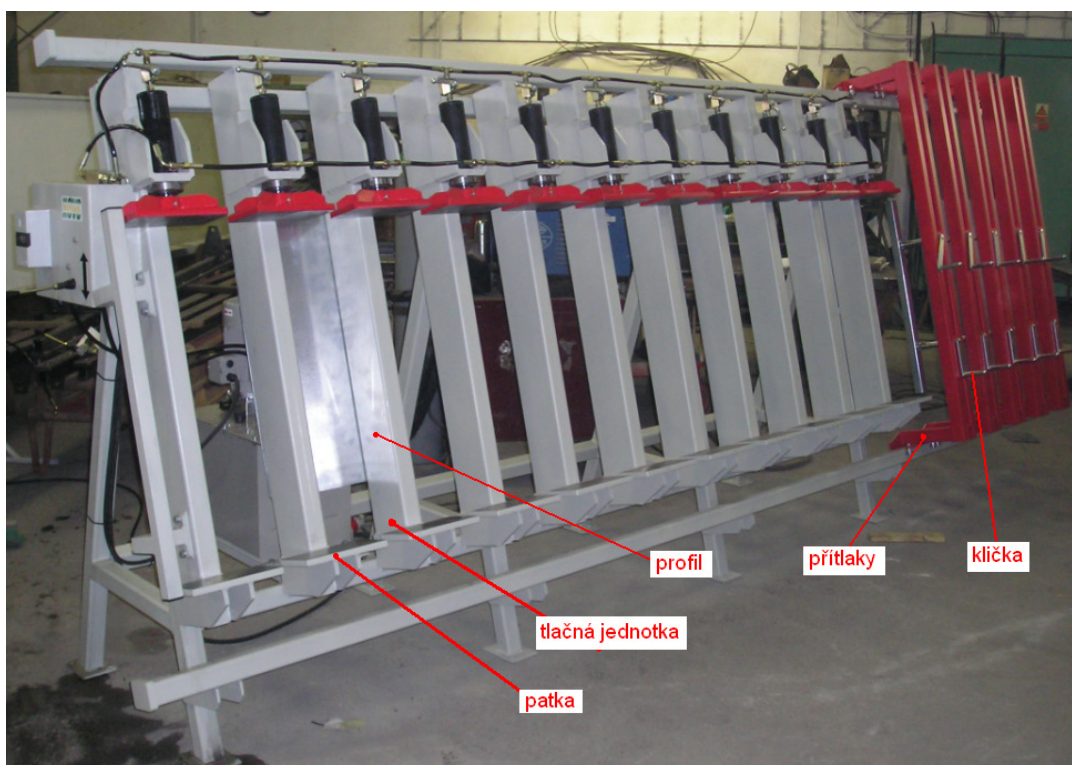
2.4. Popis výroby eurohranolu

Princip lisování dřevěných lamel spočívá v tom, že ze vstupní suroviny (dřevěné lamely) je vyroben lepený tzv. eurohranol, který je určený pro výrobu dřevěných oken či vchodových dveří a to z důvodů že takto vyrobený polotovár neobsahuje vady ve dřevě.

3. Popis lisu na kterém bude prováděna inovace

Lis na výrobu eurohranolů typ A2 x 3

Základem lisu A2x3 viz obr. 3.1 je robustní konstrukce svařovaná z profilů obdélníkového průřezu 160x60-5 mm. Za pomoci těchto robustních profilů nedochází k průhybům nosné konstrukce lisu. V axiálním směru konstrukce lisu pojíždí svislé trámce, které je nutné posouvat vlastní silou. Tlačné jednotky jsou opatřeny hydraulickými válci a protilehlými patkami, mezi které se vkládají jednotlivé lamely pro výrobu eurohranolů. K dodržení požadované přesnosti lisování je lis opatřen trámcí osazenými přítlaky, které působí silou na lisovaná prkna. Přítlačná síla je vyvozena za použití lidské síly, která působí na kličku a přes lichoběžníkový závit, působí v ose šroubu na plochu lamel. Lis je vybaven olejovým rozvaděčem s dvěma pákami, kterými jsou ovládány hydraulické válce. Válcům k vyvození tlaku slouží hydraulický agregát. Lis je dále vybaven tlakoměrem oleje a je ovládán hydraulickými kohouty.



Obr.3.1. Lis na výrobu eurohranolů typ A2 x 3.

Technické parametry lisu A2x3

Max. lepená tloušťka	110 mm
Počet svislých trámů	3 ks
Zdvih hydraulického válce	0,15 m
Pracovní tlak stroje	$16 \cdot 10^6$ Pa
Ovládání válců	Hydro ovladačem
Objem nádrže agregátu	$0,04 \text{ m}^3$
Hydraulická kapalina	OTHP 32
Příkon elektromotoru agregátu	2200 W
Hmotnost stroje	950 kg

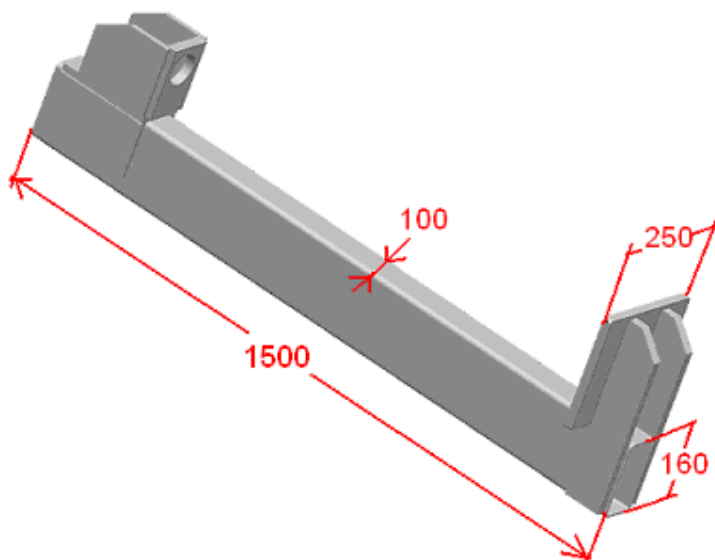
Tab.1. Parametry stroje.

4. Záměr inovace lisu A2x3

Lis, který má být inovovaný lze vidět na obrázku 3.1. Zájmem inovace budou jednotlivé tlačné jednotky (trámce, rámy lisu). Podle technické dokumentace těchto tlačných jednotek bude sestaven prostorový 3D model v programu ProEngineer. Dále bude vytvořen 3D model inovovaného rámu tak aby splňoval základní rozměrové parametry, jako je délka a šířka. To znamená že inovovaný rám musí mít základní rozměry přibližné s rozměry lisu A2x3, které jsou (250x1500)mm. První rozměr v závorce označuje šířku patky, druhý rozměr označuje celkovou délku profilu.

K rozhodnutí inovovat tuto tlačnou jednotku lisu A2x3 (obr.4.1.) vedly především následující okolnosti:

- Konkurenční tlak
- Specifické rozměry profilu tlačné jednotky (nutno objednávat dlouho dopředu)
- Velké množství výrobních operací tlačné jednotky (frézování, řezání, svařování, vrtání)
- Dlouhá doba výroby tlačné jednotky (čas, který nepřidává hodnotu – především manipulace)
- Velké výrobní náklady



Obr.4.1. Původní rám tlačné jednotky.

Na obr.4.1. je zobrazena již zmiňovaný rám tlačné jednotky lisu A2x3, který je zájmem inovace. Úkolem inovace je nahradit tento rám tlačné jednotky jednotkou novou, která by měla splňovat následující zadané parametry viz tab.2.

zadaný parametr	formulace
maximální deformace v ose X	do 2 mm
maximální deformace v ose Y	do 0,5 mm
maximální deformace v ose Z	do 0,4 mm
šířka (patky)	250 mm
průměr válce	63 mm
pevnost	musí být zaručena
hmotnost tlačné jednotky	do 70 kg
jednoduchost výroby	co nejnižší počet operací

Tab.2. Obsahuje parametry, které byly zadané podnikem.

Ocel z , které by měla být inovovaná tlačná jednotka vyrobena je 11573. Maximální tlak vyvozený lisovacím válcem je 16 MPa. Poloměr válce na, který působí hydraulická kapalina je 31,5 mm. Vlastnosti dřeva budou vzhledem ke své složitosti zanedbány. Dřevěný hranol bude v simulacích nahrazen abs. tuhým tělesem.

Youngův modul (ocel)	210 000 MPa
Poissonova konstanta (ocel)	0,3
Hustota (ocel)	7850 kg/m ³
Mez kluzu R _e (materiál 11500)	260-290 MPa
Mez pevnosti R _m (materiál 11573)	570 MPa

Tab.3. Obsahuje vlastnosti ocele 11573.

5. Průzkum již známých řešení

5.1. Lamelový lis ALTEC K 1- 075- 6500.

Na obrázku 5.1. vidíme výrobek německé firmy **ALTEC**, **lamelový lis typ K 1- 075- 6500**. Délka lamely zde může být až 6,5 m celková výška poskládaných lamel 1 m a šířka 80 mm. Tlačná síla, která je potřebná k lisování lamel je plynule regulovatelná a může dosahovat až 800 kN. Tato konstrukce stroje je naprosto unikátní svým mechanismem pro zajištění lamel v tečném směru a rozmístěním tlačných lišt. Umožňuje oproti svým konkurenčním výrobkům velice jednoduchou a rychlou manipulaci s upínanými lamelami.



Obr.5.1. ALTEC K 1- 075- 6500.

5.2. Lis TRIMWEX SLV-H

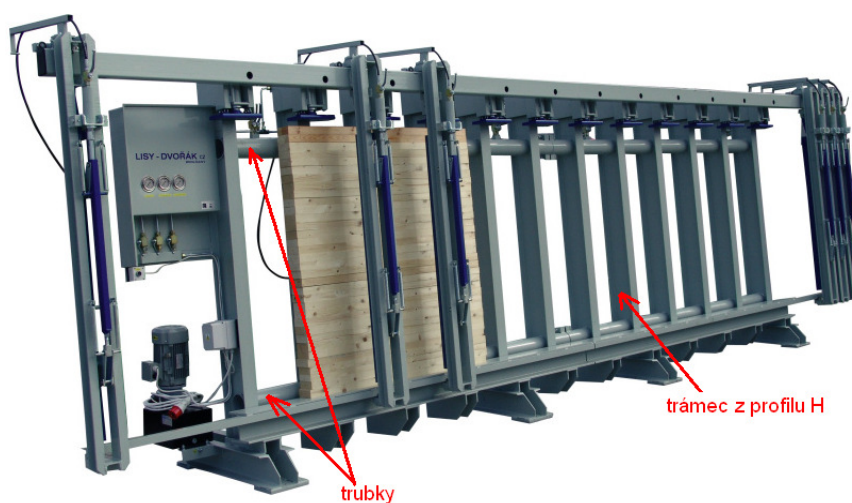
Na obrázku 5.2 vidíme lis od německé firmy **TRIMWEX** typ lisu **SLV-H**, určený k výrobě eurohranolů. Tento lis dokáže na lisované lamely vyvinout tlak až 16 MPa, přičemž zdvih pístu je 120 mm. Za pozornost stojí především jeho (propracované) přitlačné jednotky, které umožňují jednoduché upnutí bez zbytečně vynaložené energie obsluhy. Délka tohoto lisu může být 2,5-20 m a výška 1-1,5 m, při použití 2-10 přidržovačů.



Obr.5.2. TRIMWEX SLV-H.

5.3. Stojanový lis na hranoly LH 2 6000

Na obr. 5.3 je vidět lis české výroby používaný k lisování lamel. Tento lis je stavebnicové konstrukce. Lis tvoří trámce, které jsou navzájem spojeny trubkami. Patka je zde vyztužena profilem tvaru H- tento profil také slouží k pojezdu přitlačných lisovacích jednotek. Jednotlivé trámce jsou osazeny hydraulickým válcem. Lis je určen pro lepení eurohranolů do šířky 150 mm.



Obr.5.3. Stojanový lis na hranoly LH 2 6000.

6. Navržení konceptů

Metody DFX nám slouží k navrhování strojního zařízení, tak aby byl při návrhu brán zřetel na snadnost, jednoduchost, udržovatelnost a rychlost výroby. Podíl nákladů na výrobek je především ovlivněn konstrukčním řešením strojního zařízení. Tím, že budeme výrobek konstruovat pomocí metod DFX budeme mít větší šance zkonstruovat levnější výrobek než konkurence a tím i tento výrobek lépe prodat. Při navrhování jednotlivých konceptů byly brány v úvahu jednotlivé zásady metod DFX. Na základě DFX zásad byly načrtnuty skici jednotlivých výrobků, které byly dále vyhodnocovány.

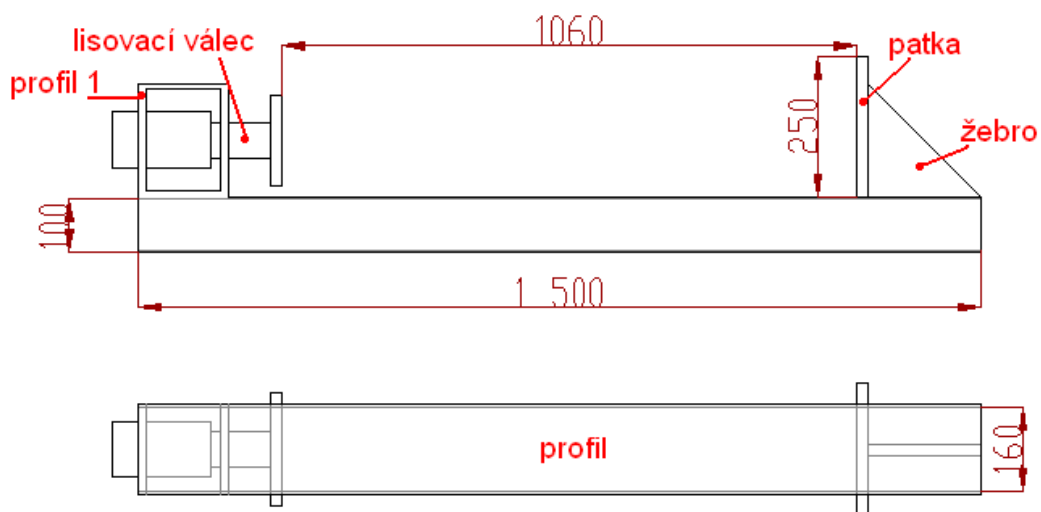
Při návrhu konceptu byly použity tyto obecné zásady metod DFX:

- a) součásti byly navrženy, tak aby byly snadno vyrobitelné
- b) součásti byly načrtnuty bez náročně vyrobitelných tolerancí
- c) konstrukce byla navržena s minimem spojů
- d) výrobek byl navržen, tak aby šel vyrobit s použitím minimálního počtu přípravků
- e) součásti výrobku byly načrtnuty pro snadné uchopení
- f) součásti byly navrženy, tak aby byly z jednoho typu materiálu
- g) součásti by se měly po své životnosti snadno ekologicky recyklovat

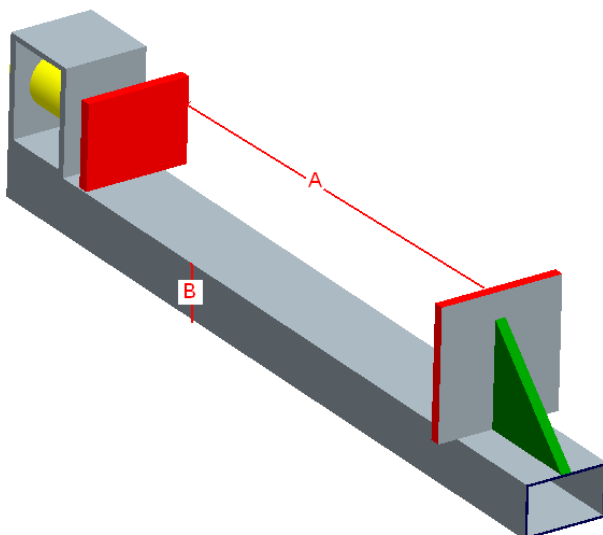
Proto všechny koncepty jsou z hlediska výroby jednoduché. Části rámu lisu tlačné jednotky jsou z jednoduchých geometrických těles. Materiál z kterého bude budoucí inovovaný rám tlačné jednotky je běžná ocel, která se dá snadno sehnat a nemusí se proto počítat s delšími dodacími termíny materiálů. U výrobku nebudou předepsány tolerance a výrobek bude opatřen zámkou, které budou umožňovat rychlé ustavení při svařování.

Při generování jednotlivých skic konceptů byly brány v potaz poznatky konkurenčních firem. Většina firem používá jako rám tlačné jednotky svařené profily. U jednotlivých skic konceptů je jejich jednoduchý popis.

6.1. Koncept A



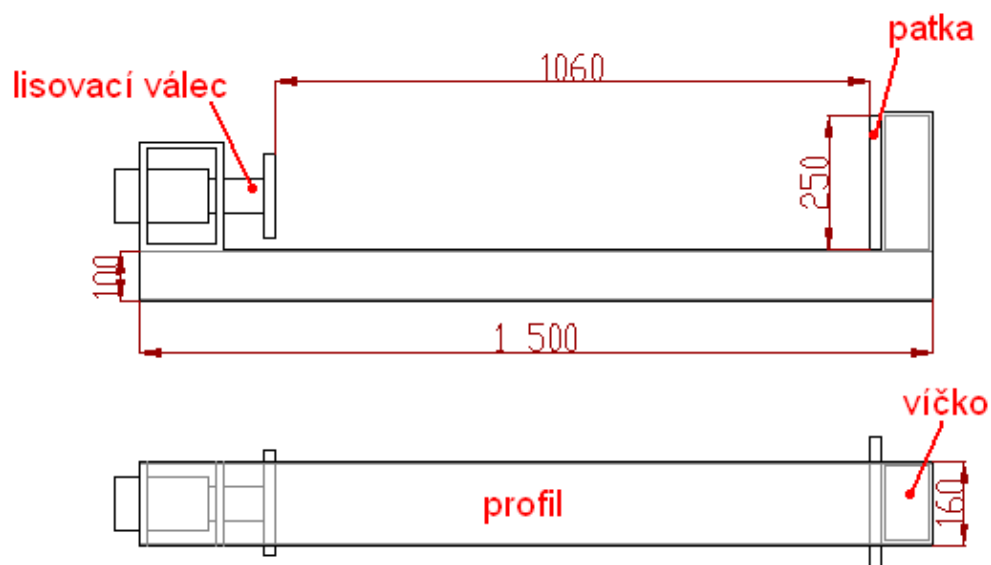
Obr.6.1. Skica konceptu A.



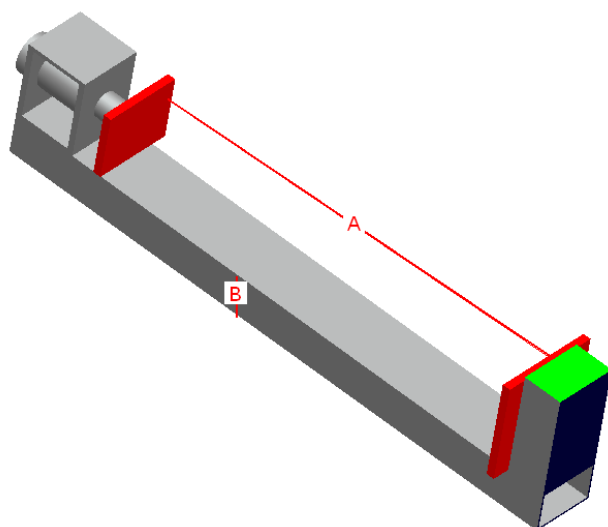
Obr.6.2. CAD model konceptu A.

Na obrázku 6.1 vidíme popis rámu tlačné jednotky. Základ tlačné jednotky tvoří robustní profil ke kterému je přivařen profil s otvorem pro lisovací válec. Do tohoto profilu se při finální montáži upevní lisovací válec. Na opačném konci tlačné jednotky je patka, která je přivařena k profilu a žebro. K zhotovení tohoto výrobku by musely být použity operace řezání, frézování, sváření a vrtání.

6.2. Koncept B



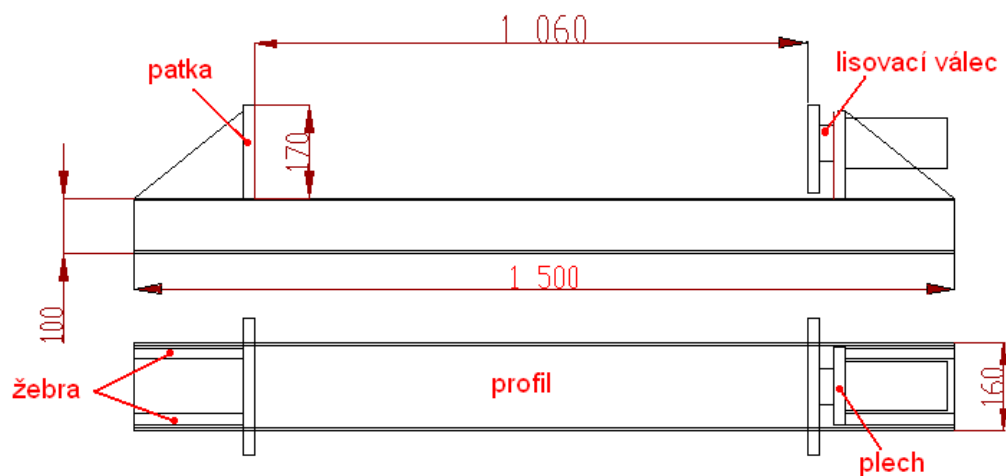
Obr.6.3. Skica konceptu B.



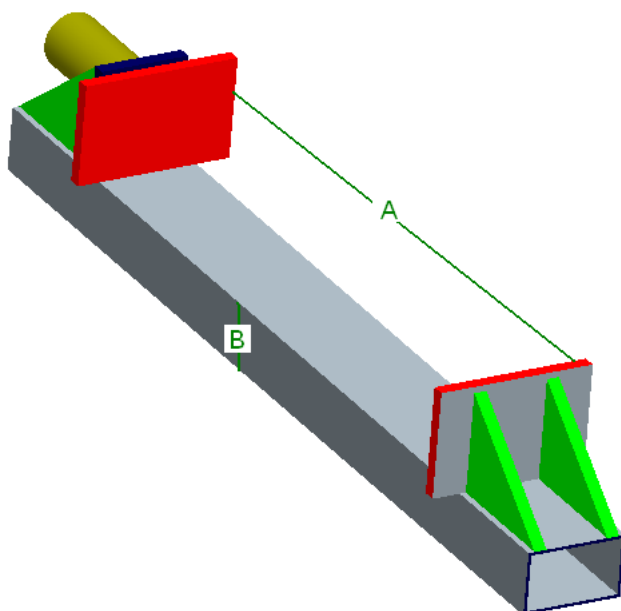
Obr.6.4. CAD model konceptu B.

Na obrázku 6.4 je znázorněn a popsán koncept B. Proti konceptu A se liší pouze nahrazením žebra za profil. Tímto nahrazením (žebra za profil) umožníme při svařování jednodušší a rychlejší ustavení.

6.3. Koncept C



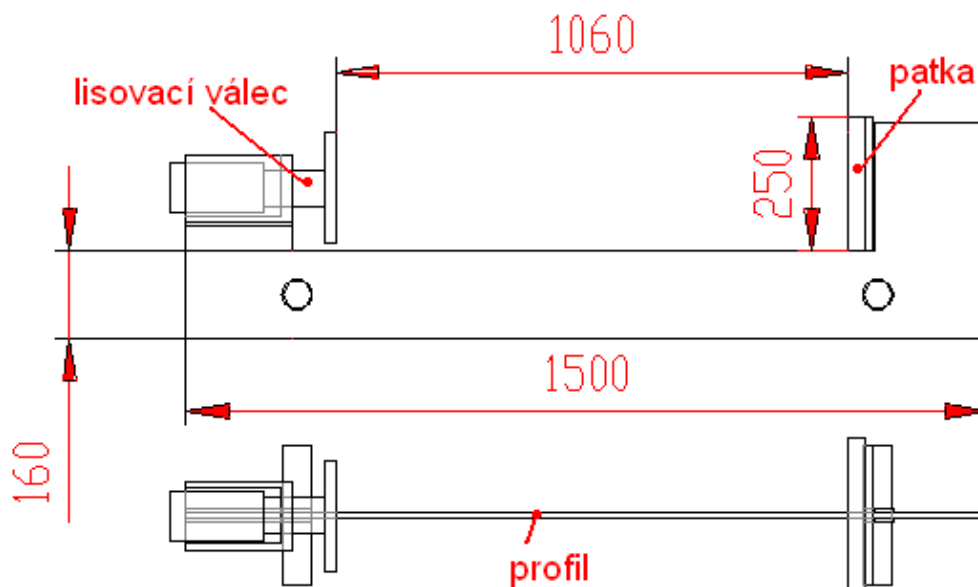
Obr.6.5. Skica konceptu C.



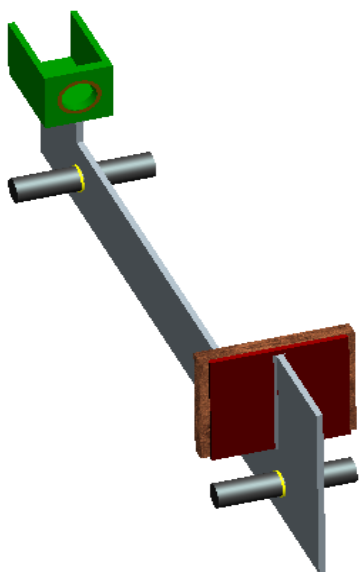
Obr.6.6. CAD model konceptu C.

Na obrázku 6.6 je popsán koncept rámu tlačné jednotky, který se skládá z jednoho profilu a čtyř žeber. Dvojice žeber u lisovacího válce má za úkol zvýšit odolnost vůči deformaci na plech a zároveň slouží jako kryt lisovacího válce. Dvojice žeber u patky slouží k zvýšení tuhosti a tím zabránění průhybu patky. Tento rám tlačné jednotky bude svařen ze spodní strany profilu na jeho koncích se základním rámem lisu.

6.4. Koncept D



Obr.6.7. Skica konceptu D.

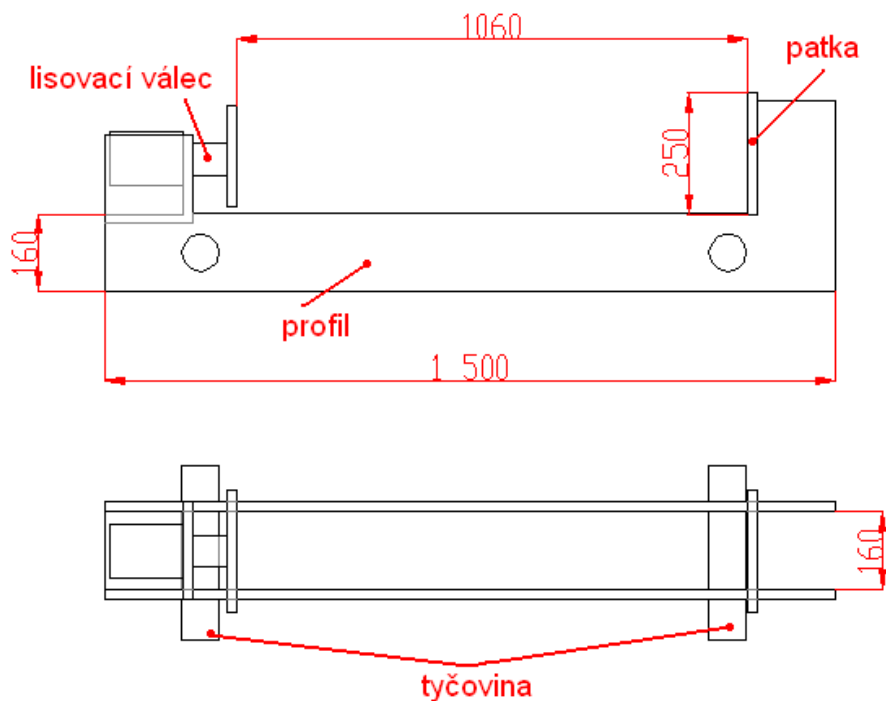


Obr.6.8. CAD model konceptu D.

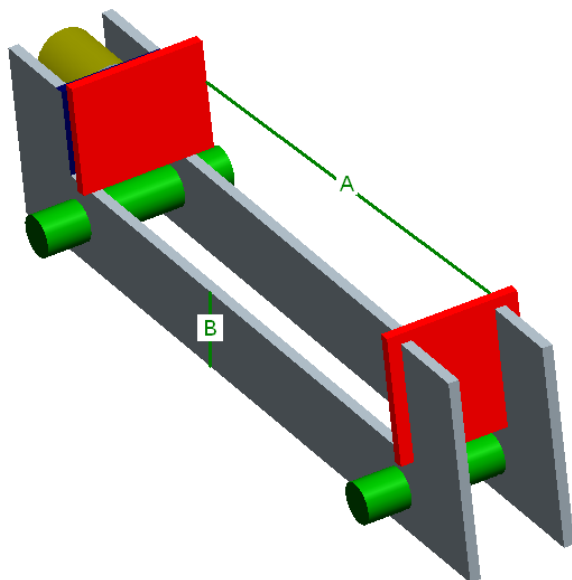
Na tomto konceptu vidíme profil, který může být vyříznut z tabule plechu. K tomuto profilu je přivařena patka a držák lisovacího válce. Držák lisovacího válce je svařen ze čtyř plechů přičemž jeden z plechů je opatřen otvorem pro lisovací válec. Profil tohoto konceptu by měl být svařen se základním rámem za pomoci tyčí, které se ustaví do vyřízlých otvorů v profilu a následně se tyto tyče s profilem svaří. Pro

zhotovení rámu této tlačné jednotky jsou nutné operace frézování, vrtání, řezání, řezání na laseru a svařování.

6.5. Koncept E



Obr.6.9. Skica konceptu E.



Obr.6.10. CAD model konceptu E.

Na obrázku je znázorněn koncept tlačné jednotky. Základ této tlačné jednotky tvoří dva identické profily, na kterých je přivařena patka. Držák lisovacího válce je svařen ze dvou plechů. Přičemž jeden plech je opatřen otvorem pro lisovací válec. Profily jsou zároveň bočnicemi držáku lisovacího válce. Profily jsou opatřeny dvěma otvory pro ustavení tyčí - svaření a následnému svaření se základním rámem lisu. Pro zhotovení této tlačné jednotky jsou nutné operace konvenční řezání, řezání na laseru a svařování.

7. Zhodnocení a výběr konceptu

7.1. Rozhodovací tabulky

Pro jednotlivé navržené koncepty byla sestavena rozhodovací tabulka pro hrubé roztřídění konceptů. Pro koncepty, které byly vyhodnoceny, jako vhodné k dalšímu propracování byla sestavena rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů ve kterém byl vybrán nejlepší z navržených řešení.

kritérium	Koncepty				
	A	B	C	D	E
přesnost ustavení lamel	+	+	+	-	+
ustavení při svařování	0	+	-	-	+
pevnost	0	0	+	-	0
tuhost	0	0	+	-	0
hmotnost	0	0	-	+	-
Počet výrobních operací	-	0	-	-	+
součet (+)	1	2	3	1	3
součet (0)	0	0	0	0	2
součet(-)	1	0	3	5	1
skóre	0	2	0	-4	2
pořadí	3-4	1-2	3-4	5	1-2
postup	NE	ANO	NE	NE	ANO

Tab.4. Rozhodovací tabulka pro hrubé roztřídění konceptů.

Na základě stanovených kritérií byly hodnoceny jednotlivé koncepty. Pokud nějaký koncept měl průměrnou vlastnost kritéria byl hodnocen jako 0. Pokud tuto vlastnost měl „špatnou“ byl hodnocen – , pokud tato vlastnost byla výrazně dobrá byl konceptu přidělen +. Nejlépe se umístily při hodnocení koncepty označené pod

písmeny B a E a proto postoupily k dalšímu detailnějšímu zhodnocení. Ostatní koncepty neuspěly a proto nebyly brány k dalšímu posouzení.

kritérium	váha	koncepty			
		B		E	
		hodnota	vážená hodnota	hodnota	vážená hodnota
přesnost ustavení lamel	10%	3	0,3	3	0,3
Ustavení při svařování	10%	2	0,2	3	0,3
pevnost	30%	3	0,9	3	0,9
tuhost	10%	3	0,3	3	0,3
hmotnost	10%	3	0,3	2	0,2
počet operací	30%	3	0,9	4	1,2
součet		2,9		3,2	
pořadí		2		1	
další postup		NE		ANO	

Tab.5. Rozhodovací tabulka pro detailní hodnocení konceptů.

V tab.5. vidíme detailní hodnocení již předchozích dvou vítězných konceptů. Váha jednotlivých kritérií nám říká, jak moc je důležité při výběru kritérium. Značný důraz je brán především na pevnost tlačné jednotky a proto stanovená váha odpovídá 30%. Sloupec hodnot nám ukazuje do jaké míry je zastoupeno kritérium v konceptu. Pokud kritérium je zastoupeno maximálně je hodnota 5, pokud minimálně je hodnota 1. Jednotlivé váhy se vynásobí hodnotami konceptů a tím vznikne vážená hodnota. Součet vážených hodnot nám potom říká, jak moc je „dobrý koncept“ v námi zadaných kritériích. V tabulce vidíme, že koncept E je lépe hodnocen a proto je vybrán.

8. Zvažování optimální technologie výroby

Aby bylo možné zjednodušit výrobu jednotlivých tlačných jednotek a vyhnout se tak celému spektru výrobních operací je především nutné určit technologie, které se budou podílet na procesu výroby. V dnešní době existují technologie, které dokáží nahradit některé operace při výrobě původního rámu tlačné jednotky, kterými jsou frézování, řezání, vrtání. Těmito pokročilejšími technologiemi jsou řezání laserem, plazmou, elektronovým či vodním paprskem. Nejvhodnější a nejdostupnější technologií pro tuto inovaci je řezáním laserem. Nejvhodnější je proto, že je dostupná,

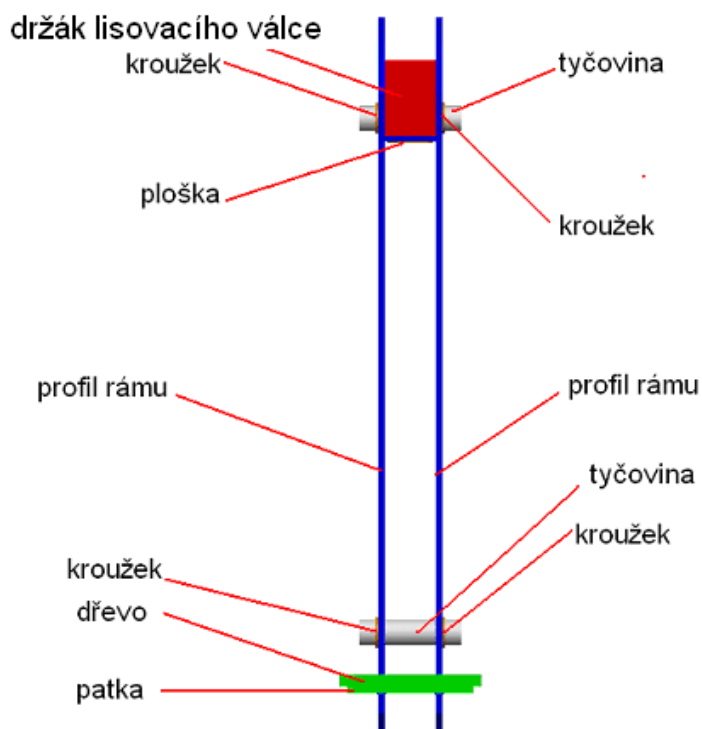
relativně levná a do určité tloušťky materiálu přesná, což vylučuje potřebu dalších operací na zpřesnění výroby. Proto bude při výrobě **použita technologie řezání laserem, svařování a konvenční řezání**, ale pouze pro řezání tyčoviny. Tímto rozhodnutím budou eliminovány operace vrtání, frézování a do značné míry i řezání, také následně odpadne potřeba objednávat specifické profily a zkrátí se celková doba výroby. Aby bylo možné dostat zadaným max. deformacím rámu (viz. tab.6) bude nutné vytvořit grafy závislosti deformace v daném směru na tloušťce použité pásoviny. Tyto grafy budou vytvořeny v programu EXCEL. Podkladové hodnoty pro tvorbu grafů budou převzaty z programu ANSYS/Workbench. Přičemž musí být zachována šířka patky a celková délka profilu.

zadaný parametr	formulace
maximální deformace v ose X	do 2 mm
maximální deformace v ose Y	do 1,5 mm
maximální deformace v ose Z	do 0,5 mm
šířka (patky)	250 mm
průměr válce	63 mm
pevnost	musí být zaručena
hmotnost tlačné jednotky	do 70 kg
jednoduchost výroby	co nejnižší počet operací

Tab.6. Parametry zadané podnikem.

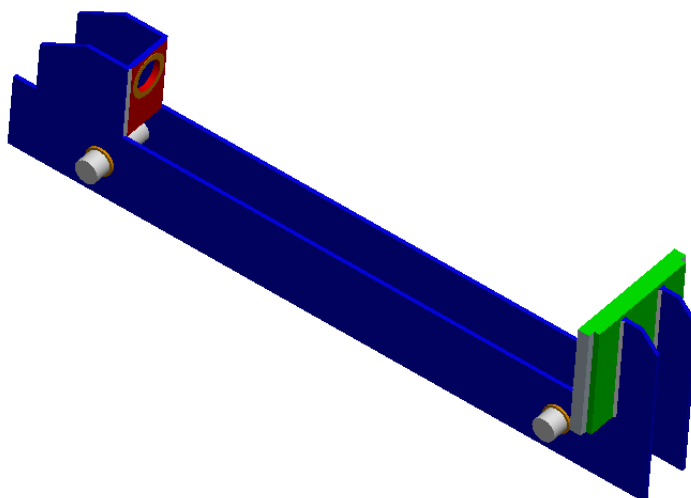
9. Vytvoření CAD modelu v programu ProEngineer

Pro zhotovení grafů deformace v závislosti na tloušťce profilu bylo nutné nejdříve vytvořit 3D model budoucího rámu lisu. Pro tvorbu modelu byl zvolen program ProEngineer. Základní koncept geometrie byl udělán nejdříve náčrtem na papír. Na základě zpřesnění hrubého konceptu geometrie byl zhotoven 3D model budoucího rámu lisu. Tento model se skládá celkem z 12 dílů tedy, pokud budeme počítat s tím, že držák pro lisovací válec byl před tím svařen ze dvou plechů.



Obr.9.1. Navrhovaný nový rám lisu.

Nový inovovaný rám lisu se skládá z dvou identických dílů (profilů rámu), které jsou vyrobeny za pomoci technologie řezání laserem, proto jejich max. tloušťka v příčném řezu nesmí překročit 12 mm. Pokud by tloušťka překročila 12 mm celková přesnost uříznutého dílu by nebyla použitelná k dosažení kvalitně vyrobeného rámu lisu. Profily rámu lisu jsou svařeny k patce a držáku lisovacího válce a tím tvoří jednotný rám.



Obr.9.2. Prostorové zobrazení navrhovaného rámu tlačné jednotky.

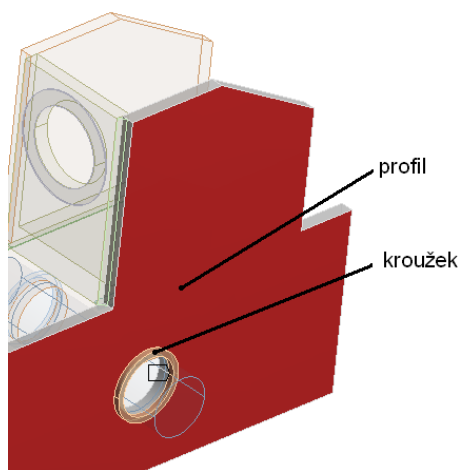
název dílce	funkce reálná	funkce ve výpočtu
profil rámu	hlavní část rámu, která bude přenášet zatížení.	nejdůležitější část modelu (analýza napětí, analýza tuhosti)
kroužek	Ve skutečném prototypu nebude uplatněn.	Ve výpočtu simuluje koutový svár.
patka	slouží k opření jednotlivých lamel a je proto nutná pro vznik tlaků v jednotlivých lamelách.	Ve výpočtu bude na plochu patky působit síla, která se přenesla přes jednotlivé lamely.
dřevo	V reálném zatěžování bude přenášet sílu z pístu na patku.	Ve výpočtu slouží především, k lepšímu rozložení síly na patku.
ploška	Ve skutečném prototypu nebude vyrobena.	Ve výpočtu slouží, jako plocha na kterou se rozloží síla. z hydro motorku.
držák hydro motorku	Skládá se ze dvou svařených plechů. Slouží k pevnému uchycení lisovacího válce.	Ve výpočtu bude zatěžován silou přes plošku.
tyčovina	V reálném prototypu bude sloužit k pevnému uchycení tlačné jednotky k základnímu rámu lisu.	Ve výpočtu slouží k zadání okrajových podmínek

Tab.7. Funkce jednotlivých součástí při výpočtu v programu ANSYS/Workbench.

10. Výpočet deformací jednotlivých modelů v programu ANSYS/Workbench

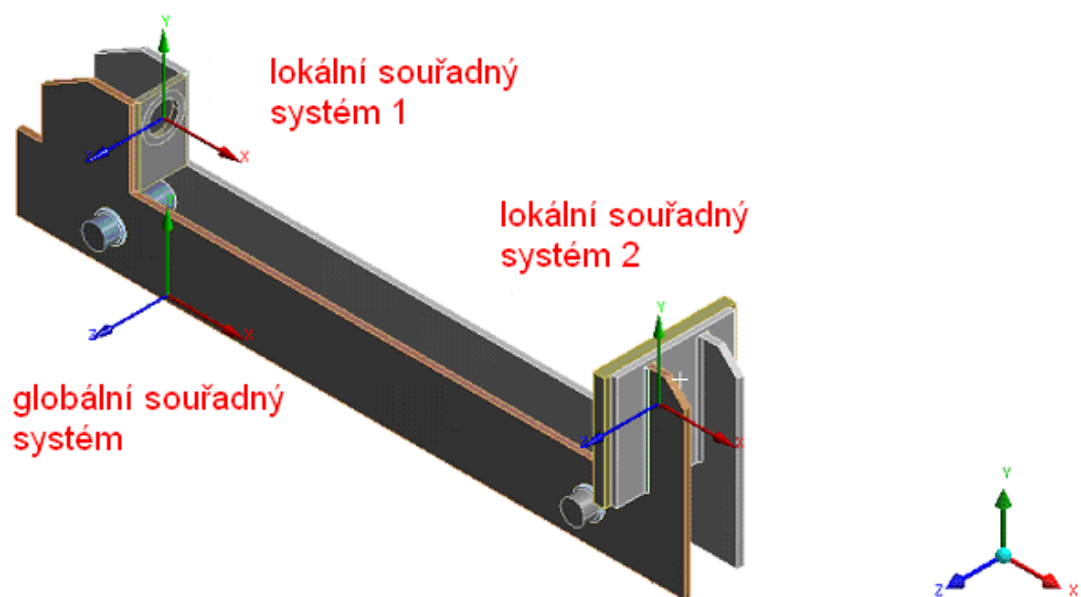
Po vytvoření jednotlivých CAD modelů tlačných jednotek v programu Pro/Engineer, které se od sebe lišily pouze tloušťkou profilů, byly tyto modely exportovány ve formátu iges, kterým lze geometrii vytvořenou v CAD přenést do ANSYS/Workbench. Dalším krokem, bylo importování modelů do prostředí ANSYSU a přejmenování geometrie sestavy, pro lepší pozdější orientaci v sestavě. Pro zadání zatěžujících sil bylo nutné vytvořit souřadné systémy do, kterých směřovaly zatěžující síly. Celkem byly definovány tři koordinační systémy. Jeden globální souřadnicový systém a dva lokální souřadnicové systémy. Lokální systém č.1 byl definován na patce. Lokální systém č. 2 byl definován v ose díry držáku lisovacího válce. Program ANSYS/Workbench má defaultně nastaveno automatické „lepení“ všech dotýkajících se částí sestavy bylo proto nutné některé z kontaktních

míst zrušit. Byly ponechány především kontaktní plochy v místech budoucích reálných svarů. Ostatní kontakty byly zrušeny funkcí suppress. Dalším krokem bylo vytvoření konečné prvkové sítě. Opět bylo nutné přednastavit defaultní nastavení Workbenche, protože Workbench automaticky vytváří síť, která málokdy odpovídá potřebám hodnotného výpočtu. Velikost a počet elementů musíme volit, tak aby byl výpočet hodnotný nicméně musíme přihlížet, také k výkonu jednotlivého počítače, proto byla zvolena velikost jednotlivých elementů 10 mm. Jednotlivé elementy byly definovány, jako šestistěn se středními uzly. Dalším krokem bylo zadat zatížení. ANSYS/Workbench umožňuje vybrat několik způsobů zatížení. V tomto případě bylo použito zatížení statické, kde velikost síly byla konstantní.



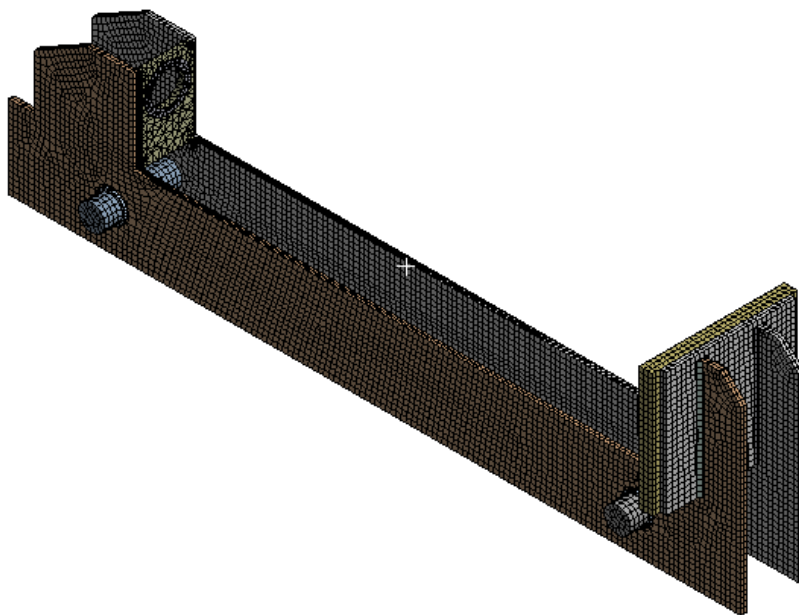
Obr.10.1. Kontakt mezi profilem a svarem (kroužkem).

Na obr.10.1. jsou ukázány a popsány části ve, kterých dochází k vzájemnému kontaktu v tomto případě je to profil a kroužek (svar). Ve výpočtu bude brán tento kontakt jako místo slepení. Workbench má defaultně nastaven typ kontaktu jako „Bonded“, což znamená, že kontaktní plochy jsou v místě kontaktu slepeny. Slepění kontaktních ploch v místě kontaktu je v případě statické analýzy vhodná náhrada svařování.



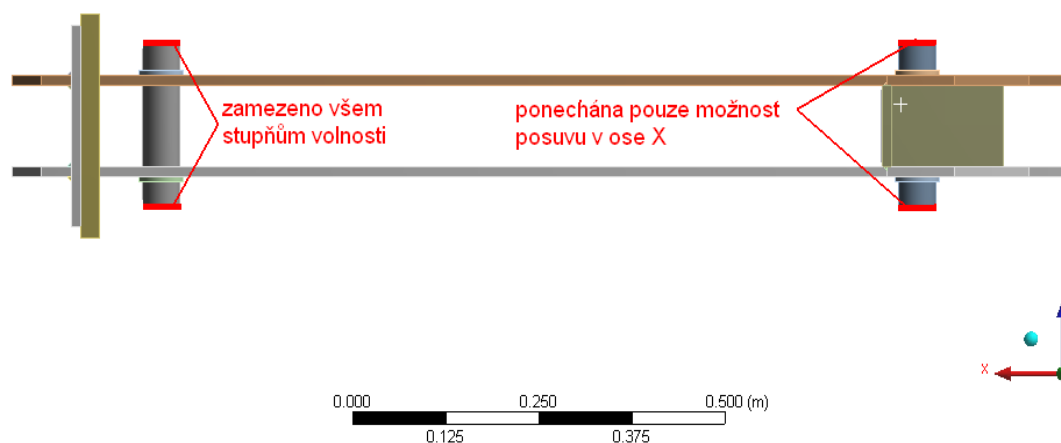
Obr.10.2. Rozmístění jednotlivých souřadných systémů na modelu tlačné jednotky.

Obrázek 10.2 nám ukazuje rozmístění jednotlivých souřadných systémů. Globální souřadný systém není nutné definovat v programu ANSYS/Workbench. Ten je již v programu Pro/Engineer defaultně definován při samotném modelování a poté je i s modelem společně importován do prostředí Workbenche. Lokální souřadný systém 1 je definován ve středu otvoru a slouží nám pro pozdější zadání síly. Lokální souřadný systém 2 je definován na ploše patky s ohledem na nositelku síly.



Obr.10.3. Konečně prvková síť modelu.

Okrajové podmínky uložení modelu v prostoru byly aplikovány na čela „tyčoviny“. Na čela jedné z tyčí byla aplikována o.p. Fixed Support, což znamená odebrání všech stupňů volnosti uzlů na vybraných plochách. Uzlům konečně prvkového modelu, které jsou na čele druhé z tyčí byla ponechána pouze možnost posuvu u podélného směru. tlačné jednotky (osa X, např. obr.10.4).



Obr.10.4. Rozmístění vazeb.

Síla byla vypočtena z průměru pístu lisovacího válce a maximálního tlaku vyvolaného hydrogenerátorem. Poté byla zaokrouhlena na 50 kN.

Max tlak	p_{\max}	16 MPa
Průměr pístu	r	31,5 mm

$$S = \pi \cdot r^2$$

$$S = \pi \cdot 0,0315^2$$

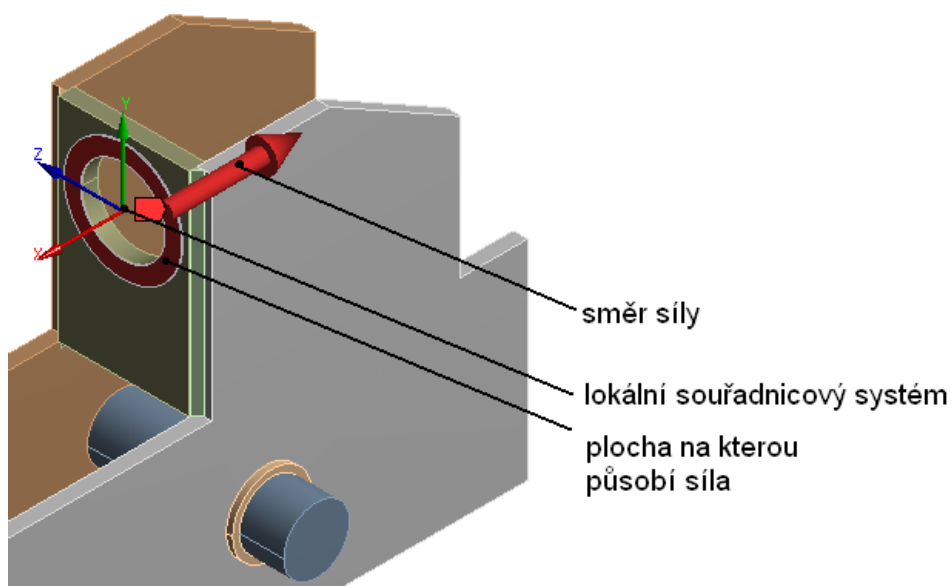
$$S = 3,1172 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$F_{\max} = p_{\max} \cdot S$$

$$F_{\max} = 16 \cdot 10^6 \cdot 3,1172 \cdot 10^{-3}$$

$$F_{\max} = 49875,2 N \approx 50 kN$$

K definování síly je nutné určit velikost, směr, působíště a také plochu na kterou bude síla působit. Působíště síly zvolíme již zmiňovanými lokálními systémy. Pokud vybereme plochu tělesa tato síla bude působit v těžišti a bude rovnoměrně rozložena na plochu, kterou jsme zvolili. Podrobnosti umístění síly vidíme na části zvětšeného rámu viz. obr.10.5. Ačkoliv na obrázku je síla mimo těžiště kruhové plochy držáku hydraulického motorku, tak v těžišti skutečně působí. Je to jistá nevýhoda zobrazení.



Obr.10.5. Detail umístění zatěžující síly v prostředí ANSYS/Workbench.

Pro firmu Balínek Trade s.r.o bylo důležité především zjistit závislost deformace sestavy budoucího rámu tlačné jednotky na tloušťce profilu plechu. Directional deformation se dá přeložit, jako směrová deformace. U této deformace je nutné zadat v jaké ose bude počítat program ANSYS/Workbench deformaci. Pro úplnost výpočtu byly zvoleny všechny tři osy globálního souřadného systému to znamená osy X,Y,Z. Po výpočtech jednotlivých modelů programem ANSYS/Workbench byly opsány jednotlivé maximální deformace v již zmiňovaných třech osách. Tím byly získány závislosti deformace sestavy na tloušťce profilů. Takto získané hodnoty byly zapsány do tabulky v programu EXCEL a vytvořeny grafy, které ukazovaly závislost deformace na tloušťce profilu. Pro výpočet a tvorbu grafů bylo použito celkem 10 modelů, kde byla odstupňována jejich tloušťka vždy o 1 mm. Maximální tloušťka profilu byla 14 mm a minimální tloušťka profilu byla 5 mm.

11. Deformace profilů

Osa Y

Directional Deformation

Type: Directional Deformation (Y Axis)

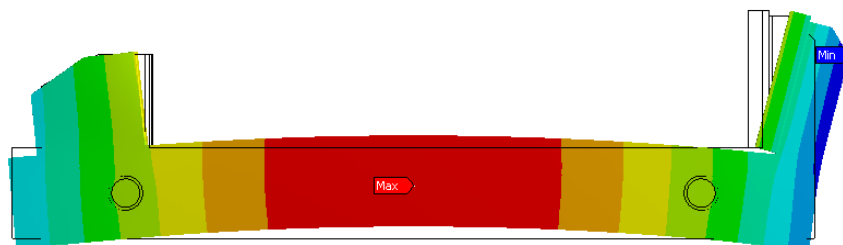
Unit: m

Global Coordinate System

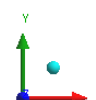
Time: 1

3.5.2009 13:17

0,00068621 Max
0,00050375
0,0003213
0,00013885
-4,3607e-5
-0,00022606
-0,00040851
-0,00059097
-0,00077342
-0,00095588 Min



0.000 0.150 0.300 0.450 0.600 (m)



Obr.11.1. Maximální a minimální hodnota posuvu v ose Y.

Na obr.11.1 je znázorněn max. kladný posuv, který byl vypočten uprostřed profilu. Maximální záporný posuv byl vypočten na horním okraji patky.

Osa X

Directional Deformation 2

Type: Directional Deformation (X Axis)

Unit: m

Global Coordinate System

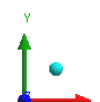
Time: 1

3.5.2009 13:20

0,0023991 Max
0,0020113
0,0016235
0,0012356
0,00084781
0,00045998
7,2147e-5
-0,00031569
-0,00070352
-0,0010914 Min



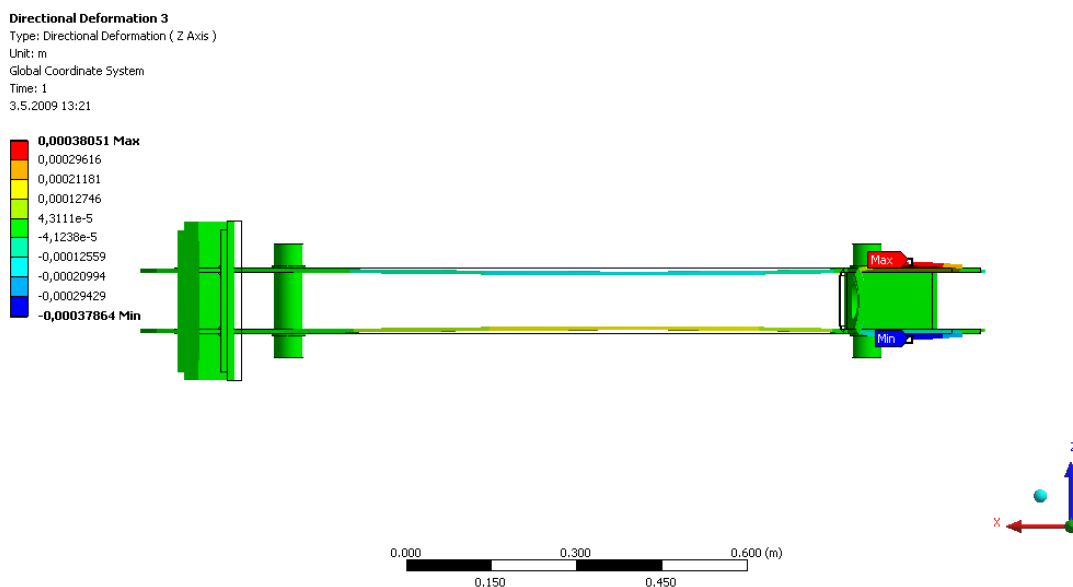
0.000 0.150 0.300 0.450 0.600 (m)



Obr.č.11.2. Maximální a minimální hodnota posuvu v ose X.

Na obr.11.2 je znázorněn max. kladný posuv, který byl vypočten na horním okraji patky. Maximální záporný posuv byl vypočten na horním okraji držáku lisovacího válce.

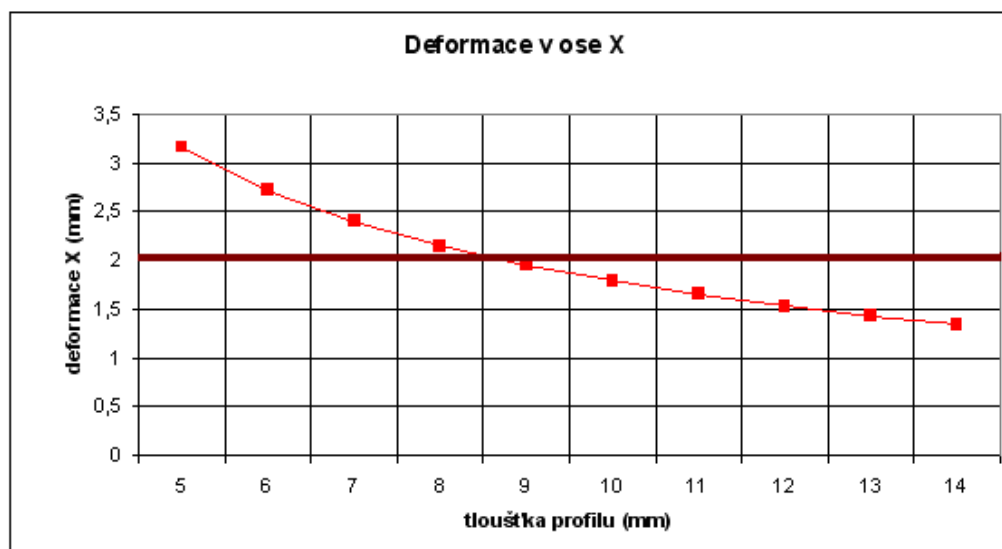
Osa Z



Obr.11.3. Maximální a minimální hodnota posuvu v ose Z.

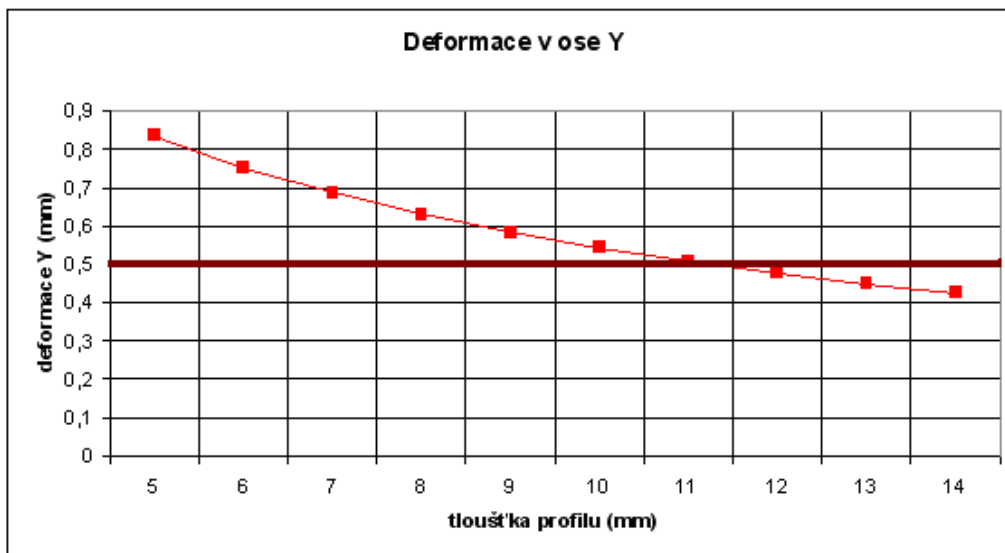
Na obr.11.3. je zobrazen posuv v ose Z. Maximální a minimální posuv rámu tlačné jednotky je na profilech u držáku lisovacího válce.

12. Grafy deformace



Graf.1. Závislost deformace v ose X na tloušťce profilu.

Na grafu 1. vidíme, jak s přibývajícím tloušťkou profilu klesá deformace rámu tlačné jednotky ve směru osy X. Z grafu 1. vyplývá, že minimální tloušťka profilu musí být větší než 9 mm a to proto aby byla dodržena předepsaná deformace, která činí 2 mm.



Graf.2. Závislost deformace v ose Y na tloušťce profilu.

Na grafu 2. vidíme, jak s přibývajícím tloušťkou materiálu klesá deformace v ose Y. Z grafu 2 vyplývá, že minimální tloušťka profilu musí být větší než 12 mm a to proto aby byla dodržena předepsaná deformace, která činí 0,5 mm.

Aby bylo možno dostát stanoveným parametrům deformace v ose Y, která je stanovena na 0,5 mm je nutno konstruovat tlačnou jednotku s tloušťkou profilu minimálně 12 mm.



Graf.3. Závislost deformace v ose Z na tloušťce profilu.

Na grafu 3. vidíme, jak s přibývajícím tloušťkou materiálu klesá deformace v ose Z. Aby bylo možno dostat stanoveným parametrům deformace v ose Z, která je stanovena na 0,4 mm je nutno konstruovat tlačnou jednotku s tloušťkou profilu minimálně 7 mm. **Pokud mají být splněny všechny tři podmínky na velikost deformace musíme konstruovat profil s minimální tloušťkou 12 mm.**

13. Identifikace budoucích kritických míst

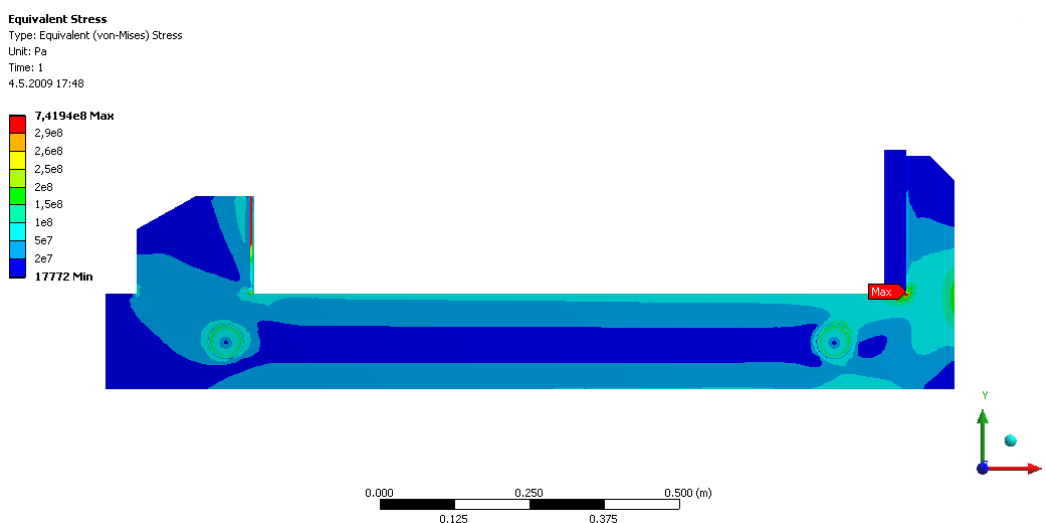


Obr.13.1. Znázornění kritických míst na výrobku.

Na obrázku 13.1. vidíme vyznačeny možná kritická místa konstrukce. V těchto místech se bude koncentrovat napětí a proto je nutné se zaměřit už nyní na případné možnosti snížení napětí v těchto místech.

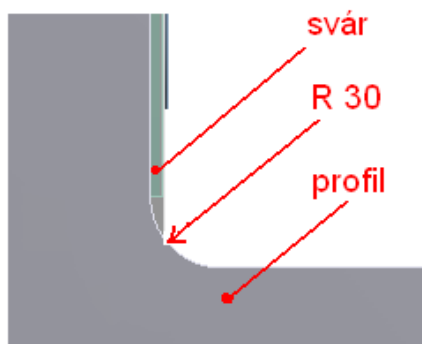
13.1 Pevnostní výpočet základního modelu

Při výpočtu ekvivalentního napětí v programu ANSYS/Workbench bylo potvrzeno vysoké napětí na modelu a proto byly navrženy dílčí konstrukční úpravy, které měly za úkol eliminovat co nejúčinněji a nejlevněji napětí. Napětí na základním modelu bylo vypočteno na 741 MPa, což překračuje mez kluzu viz. obr.13.2.



Obr.13.2. Rozložení ekvivalentního napětí v základním modelu.

13.2 Návrh na řešení kritického místa A



Obr.13.3. Detail konstrukce s rádiusem ($R = 30$).

Před samotným návrhem bylo ověřováno na výkrese sestavy, zda by se mohl udělat větší rádius. Po zjištění, že rádius by mohl být 30 mm aniž by byla ohrožena funkce lisu byl pozměněn model, který byl nachystán k výpočtu pomocí MKP. Při výpočtu v programu Workbench bylo maximální ekvivalentní napětí v tomto kritickém místě pro tloušťku 12 mm vypočteno na 150 MPa a proto nebylo toto místo dále konstrukčně upravováno.

13.3 Návrh na řešení kritického místa B

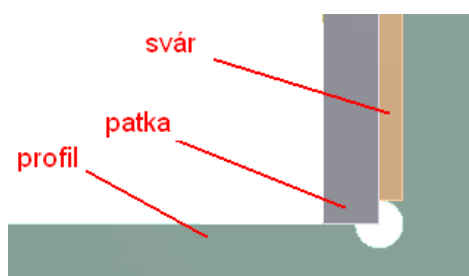
Návrhy na snížení ekvivalentního napětí v místě B byly:

- úběr materiálu
- přivaření plechu na uřízlý profil, tak aby byla zvětšena jeho tloušťka
- přivaření patky ze spodní části profilu
- vytvoření zámků v patce a následné přivaření k profilu (zvětšení délky svaru, snadné ustavení při svařování)

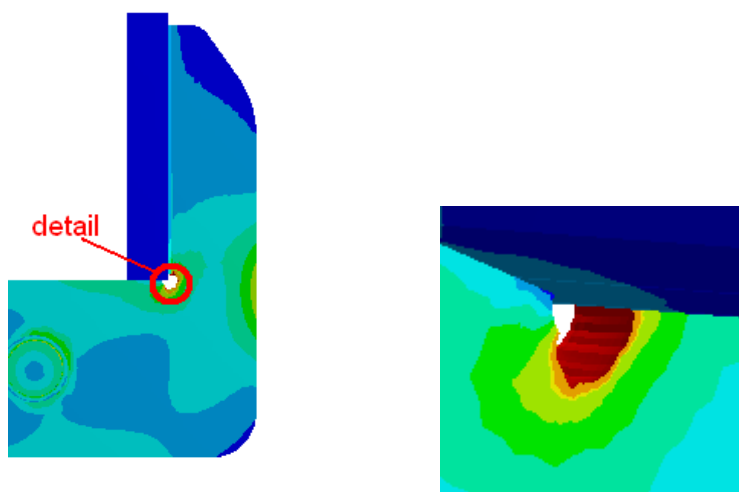
Z těchto zmiňovaných možností byla zamítnuta pouze jedna a to možnost b). Důvodem, proč byla zamítnuta je především enormní zvýšení nákladů na výrobu oproti předešlým zmiňovaným možnostem řešení. Ostatní návrhy na řešení postoupily do fáze, kdy byly jednotlivé modely upravovány na základě těchto řešení, poté byly importovány do programu Workbench a následně počítány.

13.3.1 Řešení s úběrem materiálu

V kritickém místě byl udělán úběr materiálu z důvodu snížení ostroty vrubu a tím i spočteného napětí. Průměr kružnice úběru byl dán 10 mm. Při výpočtu ekvivalentního napětí v programu ANSYS/Workbench vyšlo napětí v tomto místě 854 MPa, což překračuje mez kluzu. Navíc rozložení tohoto napětí není lokální („koncentrace u hran“), ale je rozloženo po značné části profilu u patky viz obr. 13.3, **proto schválení tohoto návrhu z důvodu pevnosti bylo zamítnuto.**

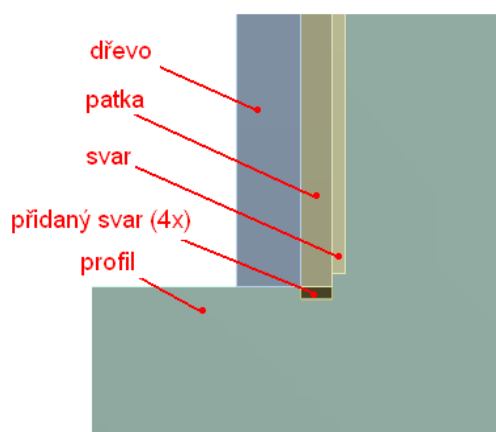


Obr.13.4. Detail konstrukce (úběr materiálu).

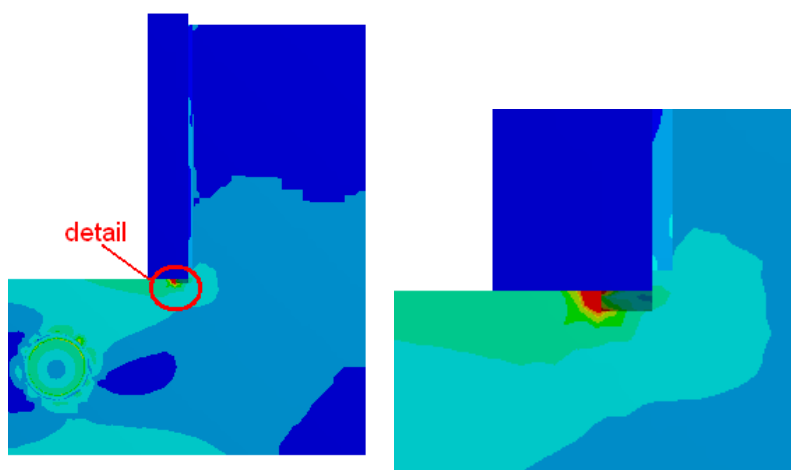


Obr.13.5. Rozložení ekvivalentního napětí v kritickém místě B (varianta s úběrem materiálu).

13.3.2. Přivaření patky ze spodní části k profilu



Na obr.13.6. Vidíme detail konstrukce s přidělanými svary.

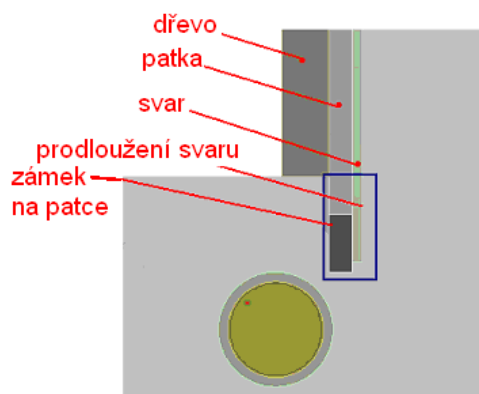


Obr.13.7. Rozložení ekvivalentního napětí v kritickém místě B (varianta se svary).

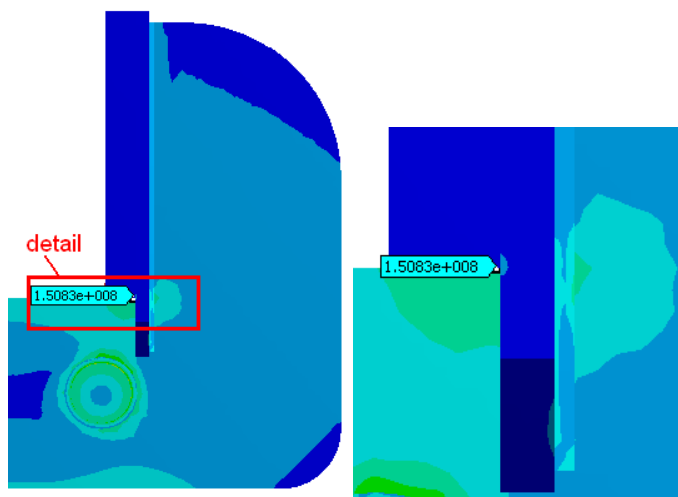
Na obr. 13.7. vidíme detail konstrukce opatřený svarem pro větší pevnost. Délka svarů je 12 mm. Celkem k základní (původní konstrukci přibyly 4 svary, pro větší pevnost). Jedná se o koutové svary, kde velikost svaru je 5 mm. Velikost maximálního ekvivalentního napětí byla vypočítána programem Workbench na 1306 Mpa. Toto napětí je znázorněno na obrázku 13.7. červenou barvou. **Pro velikost napětí byl tento návrh zamítnut.**

13.3.3 Řešení se zámkem v patce

Řešení, kde budou vytvořeny zámkové patky a následně patka přivařena k jednotlivým profilům



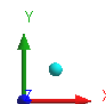
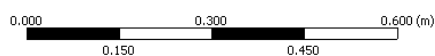
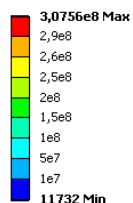
Obr.13.8. Detail konstrukce v kritickém místě B.



Obr.13.9. Rozložení ekvivalentního napětí v kritickém místě B (varianta se zámkem).

Na obr.13.9. vidíme rozložené maximální ekvivalentní napětí v detailu konstrukce. Maximální napětí v tomto detailu je 150 MPa. Proto variantu se zámkama můžeme prohlásit za vyhovující.

Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: Pa
Time: 1
4.5.2009 15:24

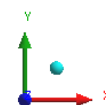
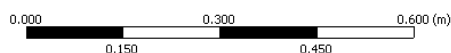


Obr.13.10. Nám ukazuje vypočítané ekvivalentní napětí varianty (s rádiusem R 30 a patkou, která je opatřena zámekama).

14. Optimalizace modelu

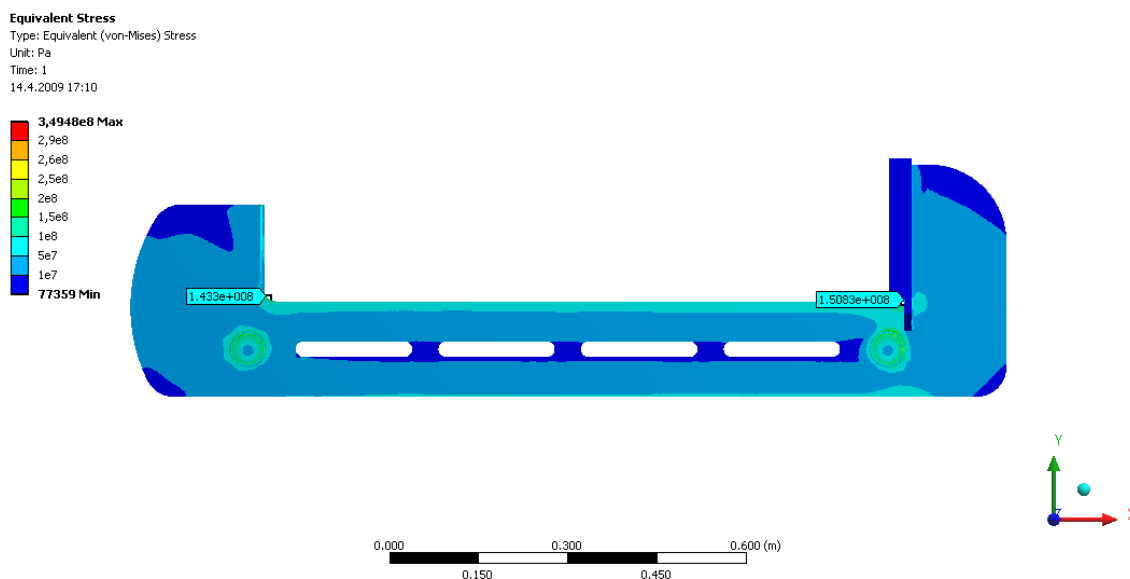
Tato funkce dokáže na základě zadaných okrajových parametrů, jako je (síla, zavazbení atd..) určit místa, kde je z hlediska přenosu zatížení soustředěný zbytečný materiál. Jak vidíme na následujícím obrázku tyto místa jsou vyobrazeny červenou barvou.

Shape Finder
Type: Shape Finder
Unit: kg
4.5.2009 15:35



Obr.14.1. Vypočtený model se znázorněnými místy nadbytečného materiálu (červeně).

14.1. Konečná optimalizace modelu a implementování technologie výroby do konstrukčního řešení konceptu.

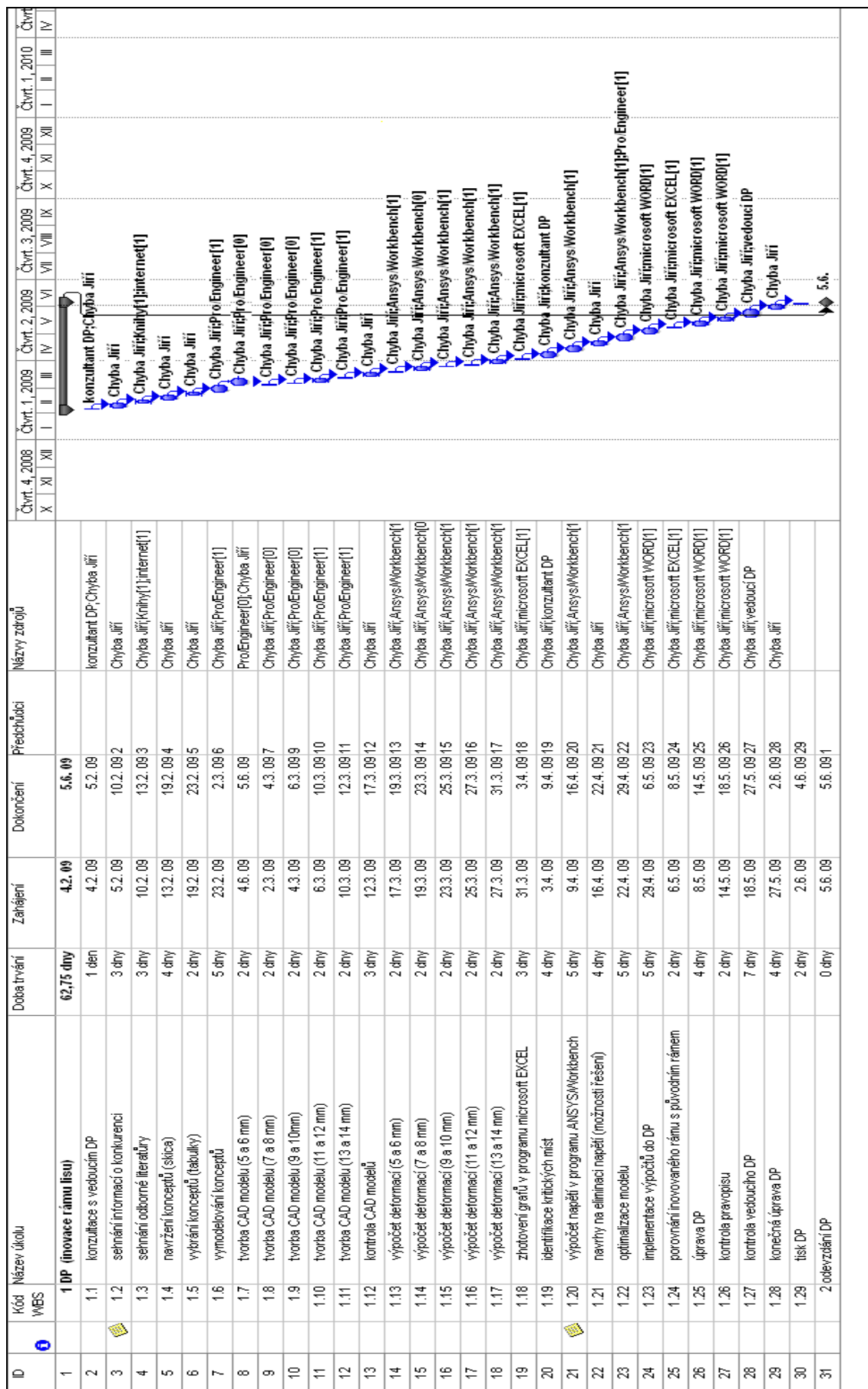


Obr.14.2. Model optimalizovaný z hlediska hmotnosti.

Na obrázku 14.2 vidíme optimalizovaný model z hlediska hmotnosti. Uprostřed mezi tyčemi se nachází otvory, které jsou do profilů vyřezány z důvodů snížení hmotnosti.

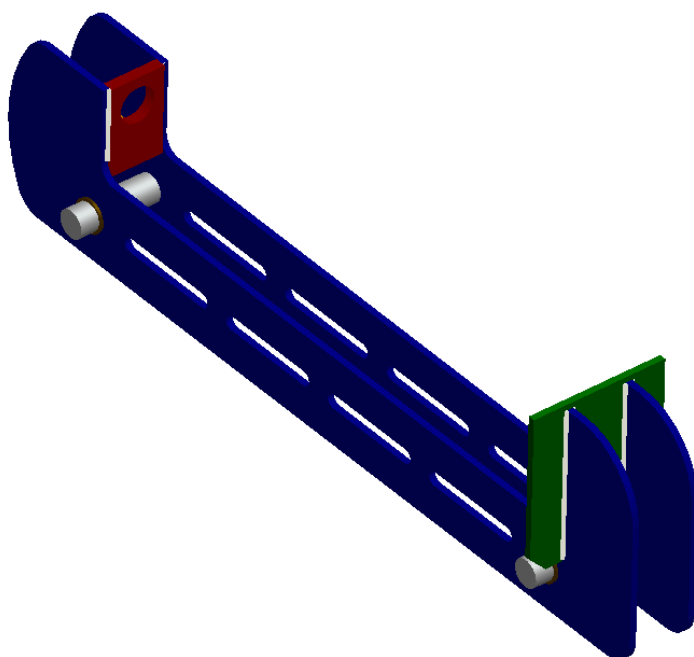
15. Naplánování projektu diplomové práce

K plánování projektu byl použit program Microsoft Office. Tento program umožňuje velice názorně zobrazit průběh projektu za pomoci Ganttova diagramu viz. obr. 15.1. Výchozí datum k plánování projektu byl použit den (5.6.2009), kdy se odevzdává diplomová práce. Microsoft Office dokáže na základě takto stanoveného datumu zpětně vypočítat zahájení projektu, či dílčích úkolů v projektu.

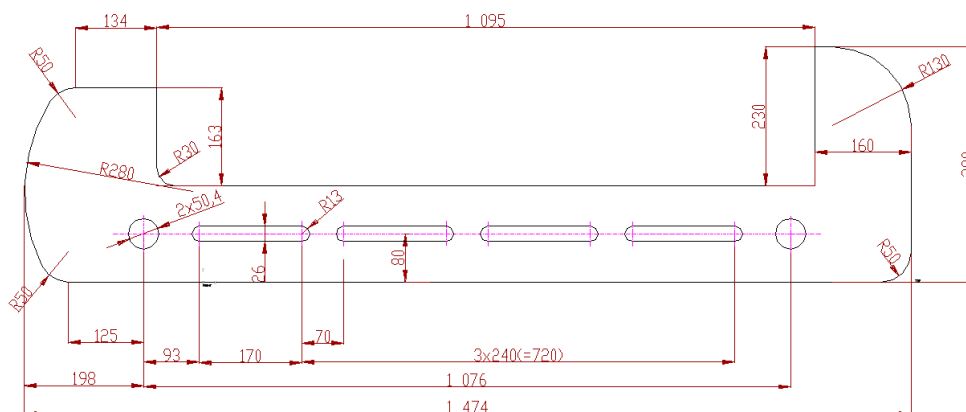


Obr.15.1. Vyobrazení diplomové práce v Ganttově diagramu.

16. Závěr



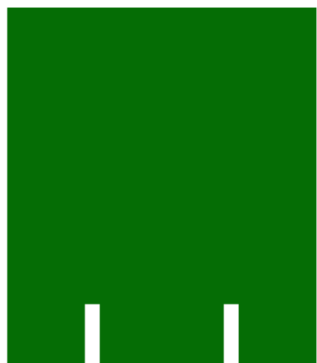
Obr.16.1. Konečný CAD model .



Obr.16.2. Výkres modelu.

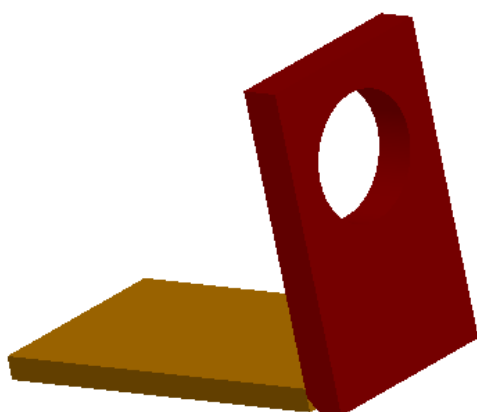
Tento nejlépe hodnocený koncept tvoří základní dva profily o tloušťce 12 mm. Tyto základní profily budou vyříznuty pomocí technologie řezání laserem. Oproti předchozím konceptům tento koncept zaručuje pevnost. Deformace v ose Y je 0,46 mm. Dále tento koncept umožňuje snadné ustavení patky při svařování za pomoci zámků, kterými je opatřena., což vede k eliminaci časů, které nepřidávají hodnotu. Při svařování je třeba dbát na pořadí při svařování jednotlivých komponentů jinak by se mohlo stát, že výrobek nepůjde vyrobit. Nejprve ustavíme jeden z profilů nejlépe na „ležato“ poté ustavíme a přivaříme držák lisovacího válce. Překlopíme profil na

„stojato“ ustavíme druhý profil a svaříme. Na konec zasuneme patku pomocí zámků do obou profilů a svaříme ji. Pokud bychom navařili nejprve patku, pak bychom nemohli svařit držák lisovacího válce s jednotlivými profily.



Obr. 16.3. Model patky.

Patka na obr.16.3. byla opatřena dvěma zámků. Tato patka byla vyříznuta z plechu o tloušťce 12 mm. Celková původní její délka byla 240 mm nově byla prodloužena o 50 mm. Šířka zůstala stejná, jako u původní, což je 250 mm. Rozměr jednotlivých zámků je (50x12)mm.

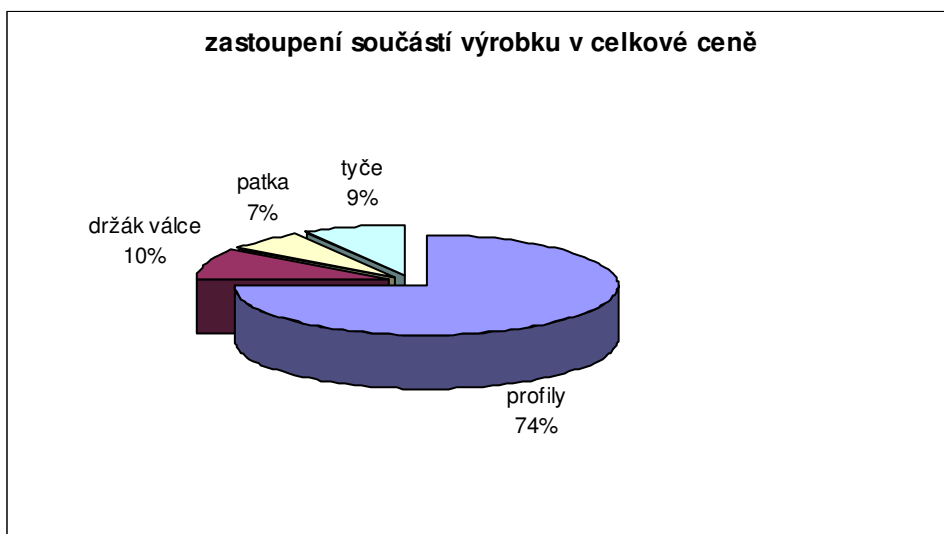


Obr.16.4. Model držáku lisovacího válce.

Na obrázku 16.4. vidíme držák lisovacího válce, který je svařen ze dvou plechů. Tloušťka jednoho plechu je 12mm a je v něm otvor o průměru 64,5 mm. Tímto otvorem bude procházet hřídel, který bude tlačit jednotlivé lamely ustavené v lisu. Tloušťka druhého plechu je také 12 mm oba tyto plechy budou řezány na laseru.

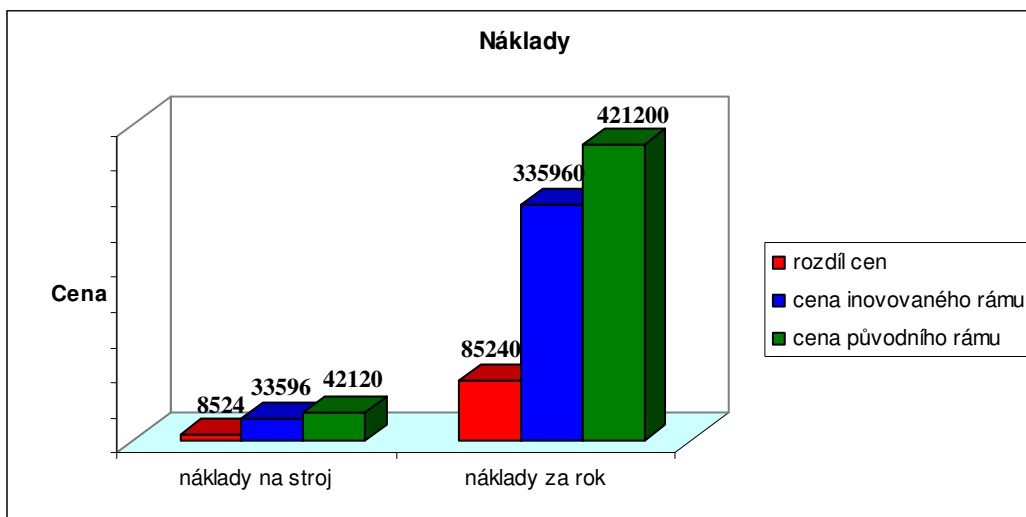
měřený parametr	nový koncept		starý koncept	
	velikost	jednotka	velikost	jednotka
plocha povrchu	1,603	m^2	1,863	m^2
celková délka svaru	2,275	m	4,122	m
celková řezná délka profilu	5,973	m	-----	-----
celková řezná délka na laseru	13,760	m	-----	-----

Tab.8. Parametry inovovaného a původního rámu tlačné jednotky.



Graf 4. Dílčí náklady na výrobu rámu tlačné jednotky.

Na grafu 4. je zobrazen procentuální podíl nákladů na výrobu inovovaného rámu tlačné jednotky. Nejdražší částí rámu jsou profily, nejlevnější náklady pak náleží patce.



Graf 5. Náklady na výrobu rámu tlačné jednotky.

Na grafu 5. vidíme srovnání nákladů na výrobu původního rámu tlačné jednotky s inovovaným rámem tlačné jednotky. Úspory při výrobě jedné tlačné jednotky činí 318 Kč oproti původní. Lis standart se skládá z 18 tlačných jednotek, což znamená že úspora na jednom stroji je 5724 + (časová úspora při ustavování součástí) celková úspora tedy činí 8524 Kč. Za rok je vyrobeno celkem 10 strojů standart to znamená, že roční úspora činí 85240 Kč. Samozřejmě tento návrh rámu tlačné jednotky se dá po určitých délkových úpravách použít i na jiné typy lisů a proto ušetřená částka může být daleko vyšší než je zmiňovaná v grafu 5.

Použitá literatura

- [1] Dokumentace firmy Balínek Trade s.r.o
- [2] I. Mašín, L. Ševčík: Metody inovačního inženýrství, 2006
- [3] webová stránka: <http://www.balinek.cz>
- [4] webová stránka: <http://www.lisy-dvorak.cz/cz/o-nas.htm>
- [5] webová stránka: http://www.trimwex.si/go/pro-2_en.html
- [6] webová stránka: <http://www.machinestock.com>
- [7] J. Řasa, M, J. Švercl . Strojnické tabulky, Praha 2007
- [8] H.Emanuel , P.Rief , F. Valenta ,Pružnost a pevnost 1, SNTL Praha 1988